

Mätningar och analyser av respirabelt byggdamm

Med fokus på byggnadsmaterialen betong och spackel

Hanna Sjöberg

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för byggnads- och samhällsteknik

Vasa 2023

EXAMENSARBETE

Författare: Hanna Sjöberg
Utbildning och ort: Byggnads- och samhällsteknik, Vasa
Inriktning: Konstruktionsteknik
Handledare: Dennis Kronlund (Mirka)
Kenneth Julin (Novia)

Titel: Mätningar och analyser av respirabelt byggdamm

Datum: 30.05.2023

Sidantal: 36

Bilagor: 4

Abstrakt

Detta examensarbete fokuserar på undersökningar och analyser kring respirabelt byggdamm, specifikt inom byggnadsmaterialen betong och spackel. Inom byggnadsindustrin utsätts den arbetande för respirabla partiklar vid bearbetning av byggnadsmaterial. Dessa partiklar är skadliga på grund av att partiklarnas storlek bidrar till en genomtränglighet i andningsvägarna. Exponering för de skadliga partiklarna under en längre tid kan leda till diverse sjukdomar. För detta examensarbete utfördes mätningar vid betong och spackel bearbetning, och i anknytning till detta gjordes undersökningar kring vilka partiklar den arbetande utsätts för och hur hög exponeringen är.

För att kunna mäta och samla upp respirabelt byggdamm användes en cyklon-provtagare. Denna provtagare använder en pump för att dra ett bestämt volymflöde av luft genom ett filter där partiklar mindre än fem mikrometer fastnar och större partiklar faller ner i en behållare nedtill. Med hjälp av cyklon-provtagaren kan exponeringen beräknas och filtret kan användas vidare till analyser. Exponeringsberäkningarna grundar sig på mätningar från olika arbetsplatser samt på en fiktiv arbetssituation konstruerad i laboratoriemiljö. Under analyserna används mätinstrumenten FTIR och SEM-EDS. FTIR används vid utredning av kvartshalten och SEM-EDS används vid jämförelse undersökningar kring partiklarnas struktur samt vilka ämnen som förekommer i provet.

Resultatet påvisade en exponering över gällande gränsvärden vid betongbearbetning i miljö utan ventilation, och på en exponering under gränsvärdet vid gjutning av betong i miljö med ventilation. Under spackelslipning var exponeringen förhållandevis låg.

Språk: svenska

Nyckelord: respirabelt, byggdamm, exponering, betong, spackel

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Hanna Sjöberg
Koulutus ja paikkakunta: Rakennustekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto: Rakennessuunnittelu
Ohjaajat: Dennis Kronlund (Mirka)
Kenneth Julin (Novia)

Nimike: Hengitettävän rakennuspölyn mittaukset ja analyysit

Päivämäärä: 30.05.2023

Sivumäärä: 36

Liitteet: 4

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä keskitytään hengitettävän rakennuspölyn tutkimuksiin ja analyyseihin, ja tutkimustyön kohteina ovat erityisesti rakennusmateriaalit betoni ja kitti. Rakennusteollisuudessa työntekijät altistuvat hengitettävälle hiukkasille rakennusmateriaaleja käsitellessään. Nämä hiukkaset ovat haitallisia, koska hiukkasten koko aiheuttaa hengitysteiden läpäisevyyttä. Pitkäaikainen altistuminen haitallisille hiukkasille voi johtaa erilaisiin sairauksiin. Opinnäytetyön tutkimusta varten tehtiin mittauksia betonin ja kitin työstön aikana, ja tämän yhteydessä selvitettiin mille hiukkasille työntekijät altistuvat ja kuinka suuri altistuminen on.

Hengitettävän rakennuspölyn mittaamiseksi ja keräämiseksi käytetään sykloni näytteenotinta. Tämä näytteenotin käyttää pumppua, joka imee kiinteän ilmavirran suodattimen läpi. Näytteenottimeen jääneet alle viiden mikrometrin hiukkaset jäävät loukkuun ja suuremmat hiukkaset putoavat pohjassa olevaan säiliöön. Sykloni näytteenottimen avulla voidaan laskea altistumisen tasoa ja suodatinta voidaan käyttää jatkoanalyyseihin. Altistumislaskelmat perustuvat eri työpaikkojen mittauksiin ja laboratorioympäristöön rakennettuun kuvitteelliseen työtilanteeseen. Analyysien aikana käytettiin mittausinstrumentteja FTIR ja SEM-EDS. FTIR mittausinstrumenttia käytettiin tutkittaessa kvartsipitoisuutta. SEM-EDS mittausinstrumenttia käytettiin vertailtaessa tutkimuksia hiukkasten rakenteesta ja siitä, mitä aineita näytteessä oli.

Tulos osoitti, että sovellettavat raja-arvot ylittyivät käsiteltäessä betonia ilman ilmanvaihtoa olevassa ympäristössä, ja alle raja-arvoon päästiin kun betonia valuttiin ympäristössä jossa oli ilmanvaihtoa. Kitin hionnan aikana altistuminen oli suhteellisen alhainen.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: hengitettävä, rakennuspöly, altistuminen, betoni, kitti

BACHELOR'S THESIS

Author: Hanna Sjöberg
Degree Programme: Construction Engineering, Vaasa
Specialisation: Structural Engineering
Supervisors: Dennis Kronlund (Mirka)
Kenneth Julin (Novia)

Title: Measurements and analyzes of respirable construction dust

Date: 30.05.2023

Number of pages: 36

Appendices: 4

Abstract

This degree project focuses on investigations and analyzes around respirable construction dust, specifically within the building materials concrete and putty. In the construction industry, workers are exposed to respirable particles when processing building materials. These particles are harmful because the size of the particles contributes to permeability in the respiratory tract. Exposure to the harmful particles for an extended period can lead to various diseases. For this degree project, measurements were carried out during concrete and putty processing, and in connection with this, investigations were made to find out what particles the worker is exposed to and how high the exposure is.

To be able to measure and collect respirable construction dust, a cyclone sampler is used. This sampler uses a pump to draw a fixed volume flow of air through a filter where particles smaller than five micrometers are trapped and larger particles fall into a container at the bottom. With the help of the cyclone sampler, the exposure can be calculated, and the filter can be used further for analyses. The exposure calculations are based on measurements from various workplaces and on a fictitious work situation constructed in a laboratory environment. During the analyses, the measuring instruments FTIR and SEM-EDS are used. FTIR is used when investigating the quartz content and SEM-EDS is used when comparing investigations into the structure of the particles and which substances are present in the sample.

The result demonstrated an exposure above the applicable limit values when processing concrete without ventilation, and exposure below the limit value when casting concrete in an environment with ventilation. During putty sanding, the exposure was comparatively low.

Language: Swedish

Key words: respirable, construction dust, exposure, concrete, putty

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Beställare Mirka Ab.....	2
1.1.1	Yrkeshögskolan Novia.....	3
1.2	Syfte.....	3
1.3	Mål.....	3
1.4	Avgränsningar.....	4
2	Teori.....	4
2.1	Byggdamm.....	4
2.1.1	Betongdamm.....	5
2.1.2	Spackeldamm.....	6
2.1.3	Kvarts.....	7
2.2	Partiklars storleksfördelning.....	8
2.3	Hälsaspekter.....	10
2.3.1	Gränsvärden för skadliga föroreningar.....	11
3	Metodval.....	13
3.1	Filterprovtagning.....	13
3.1.1	Exponeringsberäkning.....	15
3.2	Mätningar.....	15
3.2.1	Fältmätningar.....	15
3.2.2	Arbetsmetoder, arbetsutrustning och säkerhetsåtgärder.....	16
3.2.3	Mätningar vid Mirka.....	16
3.2.4	Tillvägagångssätt, utrustning och säkerhetsåtgärder.....	17
3.3	Analysmetod.....	19
3.3.1	SEM-EDS.....	19
3.3.2	FTIR.....	20
4	Resultat.....	21
4.1	Mätningar.....	21
4.1.1	Mätning 1.....	22
4.1.2	Mätning 2.....	22
4.1.3	Mätning 3.....	23
4.1.4	Mätning 4.....	23
4.2	Utredning av kvartshalt i byggdamm från mätning 1.....	25
4.3	Jämförelseanalys av betongpartiklar och spackelpartiklar.....	28
4.4	Resultattolkning.....	31
5	Diskussion.....	33
6	Referenser.....	34

Bilageförteckning

Bilaga 1	Beräkning av exponeringen samt kvartshalten från mätning 1
Bilaga 2	Beräkning av exponeringen från mätning 2
Bilaga 3	Beräkning av exponeringen från mätning 3
Bilaga 4	Beräkning av exponeringen från mätning 4

1 Inledning

Inom byggnadsindustrin exponeras den arbetande för damm i olika fraktioner och sammansättningar. Fraktionerna delas in i ett flertal grupper och en gruppering kallas för respirabelt damm. Respirabelt damm innebär en mycket liten partikelstorlek på mindre än 5 mikrometer och kan genom inhalering färdas ner till lungblåsorna, vilket kan leda till skador för hälsan. Inom respirabelt byggdamm innebär kvartsdamm en primär hälsofara. Exponering för kvartshaltigt damm under en längre period kan bland annat leda till lungsjukdomarna KOL och cancer.

I detta examensarbete undersöktes det respirabla byggdammets noggrannare genom mätningar kring exponeringsnivåer och analyser av innehållet i dammet den arbetande exponeras för. Byggdamm innebär ett flertal olika typer av material men i detta arbete hålls fokuset på byggnadsmaterialen betong och spackel. Orsaken till valet av dessa material beror på betongens innehåll av stenmaterial, vilket också innebär kvartsdamm. Anledningen till valet av spackel grundar sig främst på jämförande syfte av betongen i form av exponeringsskillnader och utifall att även spacklet innebär kvartsdamm. Spackel kan innehålla stenmaterial i form av sand, men ett flertal spackelvarianter har en annan typ av sammansättning.

1.1 Beställare Mirka Ab

Beställaren för detta examensarbete är Mirka Ab. Mirka är ett ledande företag inom utveckling och tillverkning av slipmaterial, samt slipmaskiner och polermedel. Till Mirkas sortiment hör även bland annat dammsugare, dammslangar, skyddsutrustning och olika polerings- och sliptillbehör. Dessa produkter ingår i konceptet för dammfri slipning, vilket är ett viktigt fokusområde för Mirka. (Om Mirka, 2022).

Onni Aulo grundade Mirka år 1943 i Helsingfors, men produktionen inleddes först år 1946. Förseningen av produktionens start berodde på tekniska svårigheter på grund av den rådande krigstiden. År 1962 flyttades företaget till Jeppo, till en fabriksfastighet som kallas Kiitola. Företaget utvecklades snabbt och man började exportera varor redan i ett tidigt skede av 1960-talet. Redan under 1970-talet bestod den största delen av omsättningen av export. I slutet av 1960-talet utvecklades de självhäftande rondellerna. För att nu ha möjlighet till tillverkning av dessa produkter investerades i en ny fabriksenhet i Jeppo. Fabriken som byggdes år 1972 är den fabrik som nu är på samma område som huvudkontoret, och fabriken har byggts ut i ett flertal etapper sedan dess. I slutet av 1970-talet och framåt utvecklades företaget på en internationell nivå och idag finns dotterbolag i Asien, Mellanöstern, Europa, Nordamerika och Sydamerika. Idag är Mirka en del av KWH-koncernen. KWH-koncernen är ett finländskt familjeägt företag och till koncernens verksamhetsområde hör förutom slipprodukter även plastprodukter och logistiktjänster. (Om Mirka, 2022).

Mirka har ett motto som heter ”Dedicated to the finish”. Detta innefattar att företaget ställer höga krav för att uppnå goda förhållanden och väl fungerande produkter. Detta motto har lett till att man har utvecklat en dammfri slipmetod, som bygger på ett nåtslipkoncept, vilket Mirka var först i världen att introducera som slipmaterialtillverkare. (Om Mirka, 2022).



Figur 1. Mirka Bulldog, ett primärt varumärke för företaget (Om Mirka, 2022).

1.1.1 Yrkeshögskolan Novia

Examensarbetet är även utfört i samarbete med Yrkeshögskolan Novia. Samarbetet med Novia grundar sig på att yrkeshögskolan vill utöka sitt kunnande inom området byggdamm. Till detta hör hur man bör göra för att bygga dammfritt samt vilka arbetsmetoder som medför störst exponering av byggdamm. Även vilka mätmetoder som är lämpliga vid mätning av damm vid en byggarbetsplats och vilka partiklar som innebär de främsta riskerna gällande hälsoaspekter.

Yrkeshögskolan Novia grundades 2008 och erbjuder svenskspråkiga arbetslivsförankrade högskoleutbildningar. Novia har ett studerandeantal på 4800 och är verksam i Vasa, Åbo, Jakobstad och Raseborg. En av Novias samarbetspartner är KWH Mirka. (Om oss, u.d.).

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete var att få en större förståelse för hur stor exponeringsnivån är av respirabla partiklar vid arbete med betong och spackel. Till uppgiften hörde även att utreda vad dammet i dessa material innehåller samt att ta reda på hur stor andel som är kvartsdamm. Orsaken till att betong är ett intressant material att undersöka är på grund av dess innehåll. I betongen finns stenmaterial och i detta stenmaterial finns kvarts. Respirabelt byggdamm men i synnerhet kvartsdamm utgör en hälsorisk vid exponering och därav är undersökningarna angående hur stor denna exponering intressant. Närmare undersökningar kring spackel görs för att undersöka utifall likheter mellan materialen uppstår, och ifall även kvartsdamm uppstår vid bearbetning av spackel.

1.3 Mål

Målet med arbetet var att få en större förståelse inom respirabelt byggdamm, specifikt inom materialen betong och spackel. Detta genom att skapa en uppfattning över hur nuvarande exponering kan se ut och utifall förbättringsåtgärder krävs vid vissa moment. Genom att undersöka exponeringen av respirabla partiklar och utöka kunnandet för vad den arbetande exponeras för, på så vis utreda vilka arbetsmoment som innebär de främsta hälsoriskerna. Med fastställande av högst exponeringsnivå kan man i framtiden utveckla hälsosammare arbetsmetoder och uppnå en god arbetsmiljö.

1.4 Avgränsningar

För att hålla tydliga riktlinjer och behålla fokusområdet på mätningar och analyser av respirabelt byggdamm har följande aspekter inte beaktats i arbetet: Dammsäkerhet och hantering av damm samt en stor del av bestämmelser och lagar kring byggdamm. Den del av bestämmelserna som tas upp innefattar vilka gränsvärden som är gällande för de material som behandlas, vilket behövs i jämförande syfte av resultat.

2 Teori

Teorin ger en överblick över byggdamm och dammet från materialen som undersöks, betong och spackel. Även information angående mineralen kvarts framkommer. Utöver detta tas storleksfördelningar hos partiklar upp och vilka grupper dessa partiklar delas in i, samt vilka olika hälsorisker som förekommer vid exponeringen av byggdamm, specifikt kvartsdamm.

2.1 Byggdamm

Vid en byggarbetsplats är dammet man exponeras för ofta en blandning av olika typer av material, både organiska och oorganiska partiklar (Christensson, Östlund, Alvarez, & Antonsson, 2012, s. 11). Organiskt damm inom byggnadsarbete kan exempelvis vara mjöldamm och trädamm. Det oorganiska dammet kan istället innebära damm från stenmaterial samt metalldamm. (Damm i arbetsmiljön, u.d.). Detta byggdamm kan uppstå vid eget såväl andras arbete, vilket gör att en person kan exponeras för hälsofarliga damm trots att personen i fråga inte utför arbetet. (Christensson, Östlund, Alvarez, & Antonsson, 2012, s. 11).

Tidigare har undersökningar kring minskning av exponeringen vid byggarbetsplatser gjorts. Detta har utförts genom att undersöka vilka arbetsmoment som medför den största mängden damm och på så vis kunna tillämpa arbetsmetoder och redskap för hälsosammare arbete. Nu har istället mängden byggdamm ökat eftersom redskap och arbetsmetoder blivit effektivare, vilket leder till högre avverkningshastigheter och ökad mängd byggdamm. (Karlsson & Christensson, 2008, s. 7). En annan möjlig orsak till ökad mängd byggdamm är att byggfukt motarbetas genom att bygga torrare för att minska risken för fuktskador (Christensson, Östlund, Alvarez, & Antonsson, 2012, s. 12).

2.1.1 Betongdamm

Betong är idag en av de väsentliga delarna i infrastruktur. I betong ingår komponenterna stenmaterial, cement och vatten. Denna blandning binds samman med hjälp av vattnet som aktiverar cementen. Vid bland annat sågning, slipning och skärning uppstår betongens dammpartiklar vilka utsätter arbetande för ett stort antal respirabla partiklar. Förutom under betongbearbetning uppstår även dammpartiklar under framställningen av betongen och då är det främst cementdammet man blir exponerad för. (Gharpure, Heim, & Wal, 2021, ss. 1-2).

Vid betongarbete exponeras den arbetande även för respirabelt kvartsdamm, vilket innebär den primära faran vid betongarbetets sammansättning av damm. Kvartsdammet uppstår främst vid bearbetning av den färdiga betongen, exempelvis sågning av betong. (Cement and concrete manufacture, u.d.). Exponeringsnivån av respirabelt kvartsdamm vid bearbetning av betong är mellan 25 %–70 % (Silicosis, u.d.).

I figur 2 och 3 syns en tydlig skillnad vid användning av dammreducering och utan. Den dammnivå som är synlig i figur 2 beaktar inte de respirabla partiklarna (dessa partiklar kan inte ses med blotta ögat), utan ger istället en överblick över dammreduceringens effektivitet. I detta fall är dammreduceringen i form av våtsågning. Våtsågningen suger inte upp dammet på samma sätt som en dammsugare, istället bildas en massa av den sågade betongen och vattnet som sedan reduceras med hjälp av en dammsugare innan massan torkat.



Figur 2. Sågning av gammalt betonggolvet utan dammreducering.



Figur 3. Sågning av betonggolvet med våtsågning.

2.1.2 Spackeldamm

Spackel finns i många olika varianter och blandningar beroende på ändamål. Den spackeltyp som undersöks i detta examensarbete är finspackel. Finspackel används när önskemålet är att få en jämn och slät yta vid exempelvis skarvar mellan gipsskivor, vilket är en vanlig spackelvariant inom byggnadsarbete. (Nobel, u.d.). Olika komponenter ingår i spackel, såsom fyllnadsmedel, lösningsmedel, bindemedel och diverse tillsatser. I spackel är det fyllnadsmedlet som består av stenmaterial i form av sand, kalksten, krita, pulveriserad dolomit eller kaolin. (Ott & Tell, 1995, s. 22).

Spackeldammet uppstår vid slipning av den torra massan. Koncentrationerna av damm som en byggnadsarbetare utsätts för vid slipning har uppmätts som höga och koncentrationerna kan i vissa fall innehålla respirabelt kvarts. Undersökningar har visat att totala dammängden överskrider exponeringsgränsen med 10 gånger och även den respirabla fraktionen överskred de befintliga gränsvärdena. För att motverka den höga exponeringen har arbetare uppmanats att använda andningsskydd, våtslipning och ventilation. Dessa riktlinjer följs sällan på grund av att våtslipningen påverkar torktiden och ytstrukturen samt att andningsskydden används felaktigt i form av att passformen eller val av andningsskydd inte är korrekta. (Control of Drywall Sanding Dust Exposures, 2014).

En metod som har visat sig vara effektiv för minskning av exponeringsnivå vid spackelslipning är lätta slipsystem med bärbara dammsugare. Vakuumslipsystem är ett av de system som har genom undersökningar visat en dammminskning på 80–97 %. Förutom minskande av dammängd har även systemet andra positiva aspekter. Renare arbetsmiljö vilket innebär mindre irritationer och mindre sannolikhet till användning av andningsskydd. Ökad produktivitet, eftersom städning och pauser för frisk luft inte är lika tidskrävande. Förutom vakuumslipsystemet påvisar en NIOSH, National Institute of Occupational Safety and Health undersökning att stolpslipning är effektivare än handslipning gällande exponeringen och handslipningen kan därför bytas ut till den metoden. Stolpslipningen gör att utrymmet mellan den arbetande och slipytan ökas och dammpartiklarna är därför längre bort från inhaleringszonen. (Control of Drywall Sanding Dust Exposures, 2014).

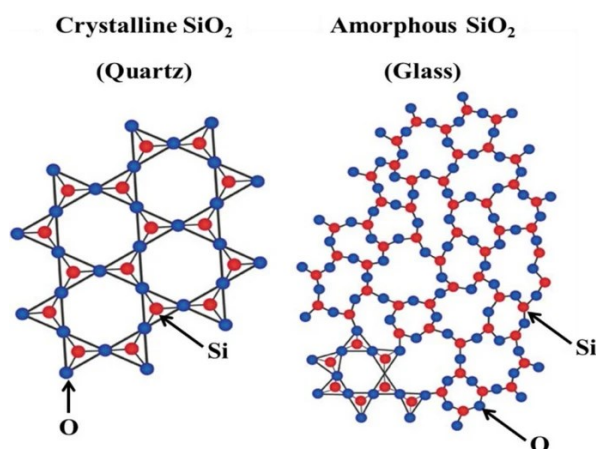
2.1.3 Kvarts

Kvarts även kallat kristallin kiseldioxid är en vanlig mineral som kan hittas i bergarter som exempelvis granit och gnejs. Kiseldioxid är en förening av kisel samt syre och beskrivs som SiO_2 . (Högberg, Silins, & Stenius, 2011, s. 5). Granit är en vanlig bergart i Finland och kvartsinnehållet i denna bergart kan uppnå en nivå på upp till 60 % (Kvartsi (kiteinen piidioksidi)). Vid bearbetning av stenmaterial som vid bland annat byggnadsarbete uppkommer kvartsdamm (Klang, o.a.).

Kiseldioxid förekommer i olika former, kristallin och amorf. Kristallin kvarts kan vid höga temperaturer och högt tryck övergå till andra kristallina former som kristobalit och tridymit. Amorft kiseldioxid finns naturligt i material som opal och biogenisk kisel samt i jordarten diatomit. Amorf kisel förekommer även i fyllnadsmedel och klumpförebyggande medel och tillverkas då syntetiskt. (Högberg, Silins, & Stenius, 2011, s. 5).

I yrkeslivet är exponeringen av kvartshaltigt damm den vanligaste typen av exponering. Yrken som utsätts för den främsta exponeringen är yrken som innebär arbete av jord och mark eller kvartshaltiga produkter. Dit hör bland annat gruvarbete, stålindustri, jordbruk, sandblästring, glas- och sliparutveckling och byggnadsarbete. (Högberg, Silins, & Stenius, 2011, s. 5).

I Finland är antalet arbetare som exponeras för respirabelt kvarts cirka 50 000. Av dessa arbetare är det vanligast att bli exponerad inom byggrelaterade yrken. Specifikt vid borning av betong har höga koncentrationer konstaterats och exponeringsvärdet kan vara 0,3–0,42 mg/m^3 på en arbetsdag. Detta överskrider kraftigt det finländska HTP-värdet på 0,05 mg/m^3 . (Kvartsi (kiteinen piidioksidi)).

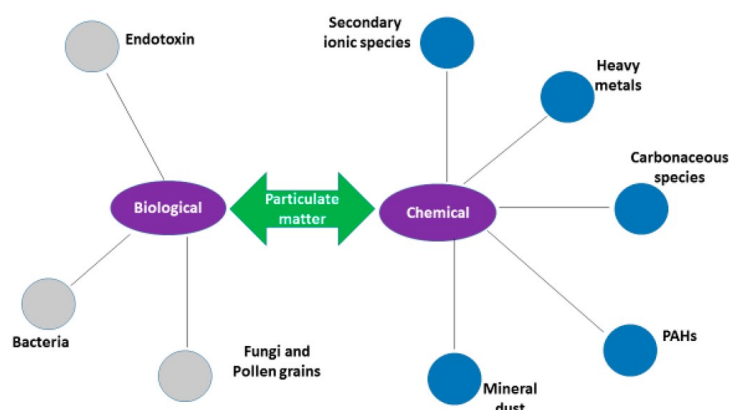


Figur 4. Struktur för kristallint kiseldioxid och amorft kiseldioxid (Prabha, Durgalakshmi, Rajendran, & Lichtfouse, 2020, s. 3).

2.2 Partiklars storleksfördelning

Partiklars storleksfördelning delas in i tre olika grupper: inhalerbara, torakala och respirabla. Vid mätning av damm är det viktigt att benämna vilken typ av partikelstorlek som mäts, eftersom hälsoriskerna är varierande beroende på partiklarnas storlek. Inhalerbara partiklar andas in genom näsa och mun. Torakala partiklar andas in och passerar luftstrupen. Respirabla partiklar når ända till luftvägarna ut till alveolerna. (Antonsson, Rydström, & Sahlberg, 2019, s. 7). Trots denna indelning i de tre grupperna är det ändå viktigt att notera att respirabla partiklar fortfarande finns i det inhalerbara dammet och i det torakala dammet (SKC, s. 5).

De inhalerbara, torakala och respirabla partiklarnas storlek kan vidare beskrivas i PM, Particulate Matter. PM är en central beskrivning på luftföroreningar och beskriver därför inte endast en luftförorening utan detta innebär en blandning av olika föroreningar. Dit hör både biologiska och kemiska grupperingar i olika partikelstorlekar (se figur 5). Till de biologiska föreningarna hör mikroorganismer i en blandning av livskraftiga och icke livskraftiga samt övriga typer av biomassa. De kemiska komponenterna innebär bland annat olika typer av mineralämnen och oorganiskt material. (Morakinyo, Mokgobu, Mukhola, & Hunter, 2016, s. 2).



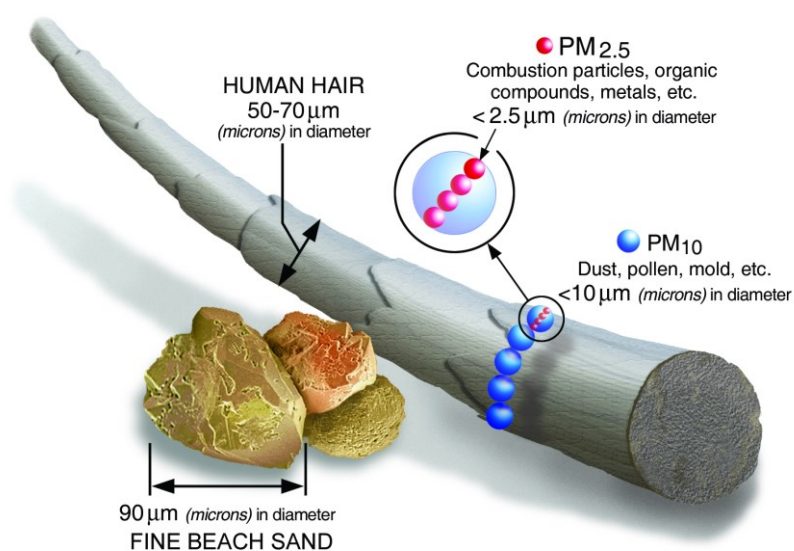
Figur 5. Beskrivning av biologiska och kemiska komponenters grupperingar (Morakinyo, Mokgobu, Mukhola, & Hunter, 2016, s. 2).

På ett PM varierar partikelstorleken mellan några nanometer till tiotals mikrometer, och för att kunna bestämma en mera exakt partikelstorlek i PM beskrivs detta i olika masskoncentrationer, vilket redogörs på följande vis: (Morakinyo, Mokgobu, Mukhola, & Hunter, 2016, s. 1).

- PM₁₀: Partiklar med en diameter < 10 µm.
 - PM_{2,5}: Partiklar med en diameter < 2,5 µm.
 - PM_{1,0}: Partiklar med en diameter < 1,0 µm.
 - PM_{0,1}: Partiklar med en diameter < 0,1 µm.
- (Bell, Samet, & Dominici, 2004, s. 252 tabell 1).

Anknytning mellan PM och partikelklass:

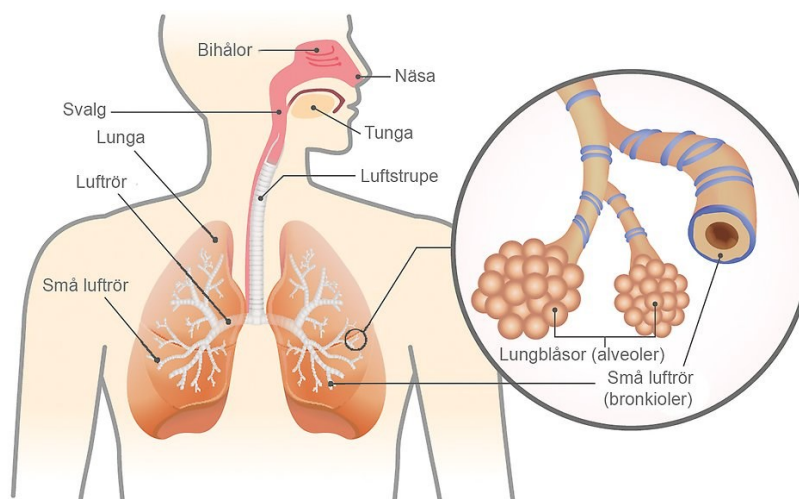
- Inhalerbara partiklar klassas som allt PM som andas in genom näsa och mun. (Hedbrant, o.a., 2020, s. 1).
- PM₁₀ = Torakala partiklar (Hedbrant, o.a., 2020, s. 1).
- PM₅ och PM_{2,5} = Respirabla partiklar (Hedbrant, o.a., 2020, s. 1).
- PM_{0,1} = Ultrafina partiklar (Morakinyo, Mokgobu, Mukhola, & Hunter, 2016, s. 2).



Figur 6. Storleksjämförelse för PM-partiklar (Particulate Matter (PM) Pollution, 2022).

2.3 Hälsospekter

Partiklar med de minsta partikelstorlekarna även kallade respirabla partiklar är anslutna till dom främsta hälsoriskerna. De respirabla partiklarna kan genom inandning färdas till de nedre delarna av luftvägarna ut till alveolerna (se figur 7). Den primära faran med respirabla partiklar vid arbete av stenmaterial är att stenmaterialet även innebär att kvartsdamm uppstår. När den del av dammet som är respirabl kvartsdamm når längst ner i luftvägarna bidrar även detta till att olika sjukdomar utvecklas. KOL, silikos och cancer är lungsjukdomar som är kopplade till inandning av respirabelt kvartsdamm. (Kvarts - stendamm, 2022).



Figur 7. Beskrivning av andningssystemets delar med fokusområde vart damm kan färdas (Lenngren, 2018).

Även det inhalerbara dammet kan leda till komplikationer för hälsan. I kapitel 2.2 förklaras att dessa partiklar andas in genom näsa och mun vilket också betyder att de kan fastna i näsan men även svalget och därmed leda till irritationer i dessa delar. Större partiklar av exempelvis mineralull kan orsaka andra typer av irritationer vid kontakt med huden. (Karlsson & Christensson, 2008, s. 5).

Förutom olika typer av lungsjukdomar kan kvartsdammet också leda till andra hälsorisker. Enligt arbetsmiljöverket har autoimmuna sjukdomar undersökts och rapporterats i samband med kvartsexponeringar. Några av dessa autoimmuna sjukdomar är ledgångsreumatism, SLE (systemisk lupus erytematos), sklerodermi samt autoimmuna sjukdomar relaterade till

njurarna. SLE har specifikt visat ett tydligt samband med kvartsexponering. Även SYMF, Svensk yrkes- och miljöhygienisk förening nämner att risken för sjukhusvård på grund av autoimmuna sjukdomar förhöjdes för de arbetare som exponerades för kvarts (Albin, Gustavsson, Johanson, & Lewné, 2017). Förutom detta kan lungsjukdomarna relaterade till kvartshaltigt damm bidra till andra följsjukdomar, silikos är en sådan typ av lungsjukdom. Vid konstaterande av silikos orsakad av kontinuerlig exponering av kvartshaltigt damm kan detta i sin tur leda till kronisk stimulans av immunsystemet. (Högberg, Silins, & Stenius, 2011, s. 19).

Cementdamm som uppstår vid framställning av betong innebär också hälsorisker. Cementdamm kan vid kontakt med huden orsaka irritationer samt inflammationer på grund av dess frätande förmåga. Inhalering av dessa partiklar har rapporterats att ge konsekvenserna försämrad lungfunktion, astma och kronisk bronkit. (Johanson, 2021, s. 3).

2.3.1 Gränsvärden för skadliga föroreningar

Vid exponering av ämnen i arbetet bör gränsvärdena beaktas för en korrekt riskbedömning. Exponeringens gränsvärden kan vara bindande eller icke-bindande. För vissa luftföroreningar exempelvis asbest och bly gäller ett bindande gränsvärde. Inom EU-nivå och nationell nivå fastställs gränsvärden, variationer kan uppstå beroende på lagstiftningsmässig status. (Työsuojelu.fi, 2021).

HTP-värden, halter av koncentrationer som befunnits skadliga är beslutna av social- och hälsovårdsministeriets förordning som stöder på arbetarskyddslagen. Ett HTP-värde används vid bedömning av en arbetsplats renhet, då även exponeringen av skadliga ämnen för arbetstagare. Värdet grundar sig på uppskattningar av de lägsta koncentrationerna av orenheter i arbetstagarens inandningsluft som negativt kan påverka hälsan, säkerheten eller medföra besvär. (Työsuojelu.fi, 2021).

Inom de material som behandlas i arbetet finns särskilda HTP-värden. I tabell 1 finns de aktuella materialen uppräknade samt deras HTP-värden.

Tabell 1. HTP-värden för aktuella material (Social- och hälsovårdsministeriets förordning om koncentrationer som befunnits skadliga, 2021).

Ämne	8h, mg/m ³	Anmärkning
Cementdamm	5	Inhalerbart damm
Cementdamm	1	Respirabel fraktion
Kiseldioxid, kristallin	0,05	Respirabel fraktion, med bindande gränsvärde
Oorganiskt damm	10	Inhalerbart damm

I ett jämförande syfte tas svenska Arbetsmiljöverkets föreskrifter upp inom hygieniska gränsvärden, dessa beskrivs vidare i tabell 2. Gränsvärdena är tagna för en nivågräns för en arbetsdag vilket omfattar 8 timmar. Enligt arbetsmiljöverket bör en mätning av exponering pågå minst 75 % av dessa 8 timmar. Samtliga gränsvärden blev fastställda år 2018. (Hygieniska gränsvärden, 2018).

Tabell 2. Nivågränsvärden för aktuella material (Hygieniska gränsvärden, 2018).

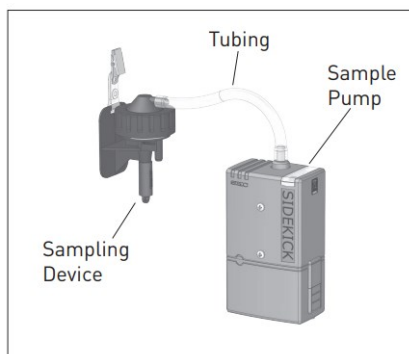
Ämne	8h, mg/m ³	Anmärkning
Kiseldioxid, kristallin	0,1	Respirabel fraktion
Oorganiskt damm	5	Inhalerbar fraktion
Oorganiskt damm	2,5	Respirabel fraktion

3 Metodval

För att endast samla upp de finaste partiklarna användes en filterprovtagare i modellen cyklon-provtagare. Under analyserna användes FTIR samt SEM-EDS. FTIR användes för att identifiera hur stor andel av det respirabla dammet som är kvartsdamm. EDS användes för att undersöka vad dammet innehåller och SEM ger närmare överblick av partiklarnas utformning vid jämförelse av betong och spackel.

3.1 Filterprovtagning

Provtagningsinstrumentet som valdes att användas under provuppsamlings momenten kallas för cyklon-provtagare. En cyklon-provtagare har tillhörande batteridrivna pump och plastslang som är fäst i provtagaren och pumpen (se figur 8). I denna provtagningsanordning finns ett filter som samlar upp de fina partiklarna, partiklarna med en större partikelstorlek faller ner i en så kallad *grit pot* (se figur 9). (SKC, ss. 6-7).



Figur 8. Dammuppsamlingsutrustningen (SKC, s. 7).



Figur 9. Cyklon-provtagarens komponenter (SKC, s. 15).

Den cyklon-provtagare som användes i detta arbete bestod av:

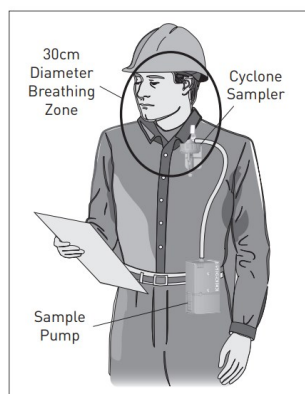
- AirChekTouch Pump, 1 m lång slang.
- Plastcyklon med 25 mm plastkassetten och grit pot.
- 25 mm PVC-filter med porstorlek 5,0 μm .
- Plastbehållare som kan transportera filter i storleken 25 mm.

Pumpen till cyklon-provtagaren pumpar in luft med en rekommenderad flödes hastighet på 3,0 L/min (SKC, s. 14). Filtret i provtagningsanordningen är ett PVC-filter med porstorlek 5 mikrometer, orsaken till den porstorleken är att endast de respirabla och de mindre partiklarna ska samlas upp i filtret (alla partiklar < 5 μm). Anledningen till ett filter i PVC grundar sig på rekommendationerna från skeltd:s hemsida vilket berättar att PVC-filter lämpar sig för uppsamling av kiseldioxid och damm.

Innan användning av en cyklon-provtagare bör flödes hastigheten kontrolleras med hjälp av en rotameter. För en acceptabel flödes hastighet bör värdet på rotametern visa 3,00 L/min och att ett stabilt flöde indikeras, detta justeras på pumpens display tills flödet är godkänt. Vid denna kalibrering är cyklon-provtagaren monterad enligt samma princip som vid användningen förutom att en ytterligare plastslang är kopplad till rotametern. Till detta är även ett filter placerat i filterkassetten. Efter godkänd kalibrering vägs och placeras ett nytt filter i filterkassetten, som används till provuppsamlingen. (SKC, ss. 14-16).

För att utföra en provuppsamling med en cyklon-provtagare bör provtagaren monteras på den arbetande enligt följande (se figur 10): Cyklon-provtagaren fästs i kragen på den arbetande med en diameter på högst 30 cm från inandningsvägarna. Detta görs för att få reda på den korrekta exponeringsnivån den arbetande utsätts för under en arbetsdag. Pumpen fästs i midjehöjd i exempelvis ett bälte. Den tillhörande slangen som är monterad i provtagaren och pumpen dras antingen bakom ryggen eller framför magen, detta beroende på hur den arbetande föredrar och så att slangen inte stör under arbetet. (SKC, s. 17).

Nu kan pumpen startas och samla in dammprov under en hel arbetsdag. Efter en uppsamlingsperiod vägs filtret och uppsamlings tid, luftvolym samt flödes hastigheten avläses från pumpens display. Dessa värden behövs för att sedan kunna beräkna exponeringen.



Figur 10. Monteringsanvisning (SKC, s. 17).

3.1.1 Exponeringsberäkning

Exponeringen beräknas enligt luftvolymen i kubikmeter delat på viktskillnaden i milligram. Luftvolymen ges i liter enligt pumpens display och måste därför konverteras till den korrekta enheten. Viktskillnaden är skillnaden mellan ett tomt filter och ett filter med insamlat prov, även här konverteras den givna enheten. De grundläggande värden som behövs till beräkningen är:

- Provuppsamlingens tidsperiod.
- Vikten av det tomma filtret.
- Vikten av filtret med insamlat prov.
- Viktskillnaden när filtret är tomt förhållandevis till när filtret har insamlat prov.
- Luftvolymen.

Formeln som används vid exponeringsberäkningen:

$$\text{Exponeringen} \left(\frac{mg}{m^3} \right) = \frac{\text{Viktskillnad (mg)}}{\text{luftvolym (m}^3\text{)}} \quad (1)$$

3.2 Mätningar

Dammuppsamlingarna har fokus på byggnadsmaterialen betong och spackel. Betongdammet uppsamlades vid en byggarbetsplats samt vid ett företag där arbete med betong utfördes och spackeldammet uppsamlades vid en byggarbetsplats och genom en fiktiv arbetssituation i laboratoriemiljö.

3.2.1 Fältmätningar

Fältmätningarna angående betongpartiklar är utförda i samarbete med SeBB – Sebastians Bygg – och borrhäls teknik och ett företag inom betongbranschen. Mätningen som innefattar spackelpartiklar är utförd i samarbete med Kents måleritjänst.

3.2.2 Arbetsmetoder, arbetsutrustning och säkerhetsåtgärder

Vid SeBB utfördes bilning av en betongplatta och bilning vid utformningen av tio golvsilar, dammuppsamlingen pågick under två arbetsdagar. Betongplattans storlek omfattade cirka 50 m² och under betongplattan fanns beck. Under arbetet användes två bilningsmaskiner i olika storlekar beroende på arbetsuppgift. Till det grövre arbetet vid bilning av betongplattan användes en bilningsmaskin i modellen TE 2000. En mindre bilningsmaskin av modellen TE 500 användes vid utformningen av golvsilar. Under arbetet användes personlig skyddsutrustning för ett säkert utförande. Till den personliga skyddsutrustningen hör skyddshjälm, skyddsglasögon och en halvmask med ett P3-filter. Dammreduceringsmetoder användes under arbetet vilket är en väsentlig aspekt att ta i beaktande vid dammuppsamlingens process. Till dammreduceringsmetoderna hör en dammsugare som är kopplad till bilningsmaskinerna samt en luftrenare av märket Pullman A1000.

Arbete vid betongföretaget var till största del gjutning av betong. Men i ett senare skede efter gjutningen skrapades rester bort från den färdiga betongen och även putsning av formerna som användes vid gjutningen. Arbetsutrustningen som användes var främst betongskrapor men även vinkelslip och tryckluft. Andningsskydd eller dylik personlig skyddsutrustning användes inte under arbetet, eftersom de arbetande inte upplevde besvär angående dammängden under den processen. Däremot förekom användning av andningsskydd vid sopande och rengöring av ytor och golv. Övrig dammreducering som förekom var ventilation med tillhörande filter samt vädring vid öppnande av större portar.

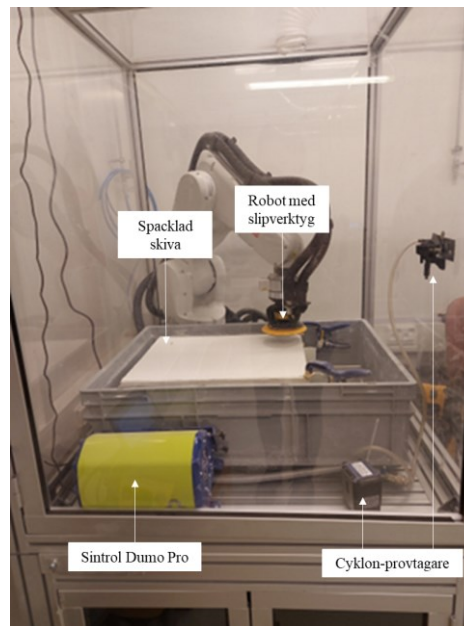
Kents måleritjänst utförde arbete i form av spackelslipning vid en nybyggnation. Spackelslipningen utfördes på väggar med gipsskivor som underliggande material. Till spackelslipningen användes en väggslipmaskin vid märke LEROS med tillhörande dammsugare. Andningsskydd eller motsvarande skyddsutrustning användes inte under arbetsdagen.

3.2.3 Mätningar vid Mirka

Denna mätning var avsedd för att undersöka effektiviteten gällande respirabelt damm men även dammnivån överlag vid användning av dammsugare och utan, samt eventuella skillnader i dammängd mellan två olika slipmaterial, Abranet och Gold, båda i grovlek 120.

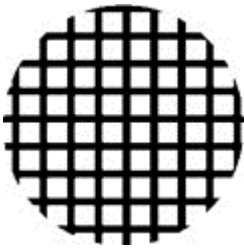
3.2.4 Tillvägagångssätt, utrustning och säkerhetsåtgärder

Mätningarna blev gjorda i laboriemiljö där en fiktiv arbetssituation simulerades. Slipningen utfördes med en robot med tillhörande dammsugare. Slipningen pågick tills spacklet på en skiva slipats bort. Roboten var placerad i ett slutet utrymme för att förhindra dammspridningen till övriga utrymmen. I utrymmet tejpades cyklon-provtagaren fast på väggen intill roboten för liknande verklig montering för slipning av spackel. I detta test användes ytterligare en dammätare vid namn Sintrol DumoPro. Denna mätare var inställd på att mäta dammprocent i omgivande luft vilket visas på mätarens display. Till Sintrol DumoPro finns även ett tillhörande datorprogram vid namn DustTool där dammnivån visas i kurvor i enhetslösa värden. För användning av programmet är en dator ikopplad till mätaren och på så vis fås en kurva över dammnivån under den tidsperiod som mätningarna pågick.



Figur 11. Beskrivning av placering och uppställning inför sliptest i laboriemiljö.

Slipmaterialen som valdes att testas är Abranet och Gold, båda i grovlek 120. Skillnaden mellan dessa material är att Abranet är i form av en nätslipprodukt och är ett hållbart slipmaterial med god dammreducering (se figur 12 och figur 13). Gold består istället av en pappersbas bestyckad av latex med en noggrann kornbeläggning och dammet reduceras genom utstansade hål i slipmaterialet (se figur 14 och figur 15). (Slipmaterial per produktnamn, u.d.).



Figur 12. Nätslipkonceptet för Abranet som användes i laborietest

(Slipmaterial per produktnamn, u.d.).



Figur 13. Slipmaterialet Abranets struktur (Slipmaterial per produktnamn, u.d.).



Figur 14. Rondell versionen av Gold som användes i laborietest

(Slipmaterial per produktnamn, u.d.).



Figur 15. Slipmaterialet Golds struktur (Slipmaterial per produktnamn, u.d.).

3.3 Analyismetod

Under analyserna användes två olika typer av instrument, FTIR och SEM-EDS. FTIR användes för att utreda hur stor andel kvarts som fanns i det respirabla dammet. SEM-EDS användes för jämförelse undersökningar av partiklarna i betongdamm och spackeldamm. Till jämförelserna hör hur stor spridningen är av kvartsdamm, vilka andra ämnen som finns i proverna samt analyser kring partiklarnas struktur.

3.3.1 SEM-EDS

SEM-EDS eller SEM-EDX står för svepelektronmikroskopi samt energidispersiv röntgen. Svepelektronmikroskopi och energidispersiv röntgen är samhörande instrument men analyserar på olika sätt. Svepelektronmikroskopi kan ge en hög förstoring av ett prov med hjälp av en elektronstråle som fokuseras på provet. Energidispersiv röntgen använder sig istället utav en metod där röntgenstrålar samlas in för att sedan analysera och omvandla dessa till en bild av ett prov. Bilden som fås av energidispersiv röntgen är ett spektrum som visar vilka grundämnen som finns i provet som analyseras. Denna teknik kan användas för att identifiera ämnen samt mäta sammansättningen och koncentrationer av ett prov. (How Does Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-ray (SEM/EDX) Work?).

Före analys med SEM-EDS förbehandlades proven. Under förbehandlingen applicerades en del av provet på en metallbricka med hjälp av dubbelhäftande tejp, vissa brickor applicerades med endast prov och vissa även med filtret samt prov. Detta för att undersöka vilken metod som ger tydligast bilder och resultat. Efter att provet överförts till metallbrickan applicerades även ett kollager, metoden användes för att göra den yta som ska analyseras ledande vilket tillför bättre bilder och bättre EDS-resultat.

3.3.2 FTIR

För att kunna identifiera hur stor kvartsmängd som finns i ett prov har FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) använts. Principen med FTIR är att en infraröd strålning passerar genom ett prov som sedan registreras, en del av denna strålning absorberas och en del passerar genom provet. Vid användning av FTIR kan man identifiera olika typer av material i ett prov, avgöra kvaliteten eller konsistensen i ett prov eller bestämma hur stor mängd av olika material som finns i ett prov. (Nicolet, s. 1).

FTIR avger ett infrarött spektrum med olika absorptionstoppar från det prov som undersöks. Varje absorptionstopp står för ett enskilt materials frekvens av vibrationer mellan bindningarna av de atomer som materialet består av. Därav är också detta orsaken till att topparna står för enskilda material eftersom varje material innehåller en unik kombination av atomer och avger därmed också olika infraröda spektrum. Storleken på toppen avslöjar hur stor mängden är av ett material i ett prov. (Nicolet, s. 3).

Ett prov som ska analyseras med FTIR kan bearbetas på ett flertal olika sätt. Den variant som användes här är att provet blandats in homogent till en kaliumbromid (KBr) tablett. I detta fall ett askat prov för att endast behålla oorganiskt material och på så vis erhålls endast signaler från oorganiska partiklar. Tabletten tillverkas genom att med ett tillräckligt högt tryck pressa den homogena blandningen i en form, trycket hålls tills tabletten blir transparent. Utmaningen med denna metod är att få läsbara toppabsorbanser som inte är för svaga eller för låga. Orsaker till otydliga toppar kan bero på att tabletten inte är tillräckligt genomskinlig eller att uppskattningen av provmaterialet i tabletten är felaktigt. Förutom tabletten med prov och KBr tillverkades även en tablett med endast KBr. Denna tablett användes som bakgrundsmatris. (Chen, o.a., 2015, s. 2).

4 Resultat

I detta kapitel presenteras resultaten från samtliga mätningar. De resultat som tas upp är exponeringen av respirabla partiklar, hur stor andel av exponeringen som innebär respirabelt kvartsdamm samt undersökning och jämförelse av respirabla betongpartiklar och spackelpartiklar.

4.1 Mätningar

Mätningarna delas in enligt följande:

- Mätning 1 = Betongbearbetning vid byggarbetsplats, SeBB.
- Mätning 2 = Gjutning av betong, företag inom betongbranschen.
- Mätning 3 = Slipning av spackel vid nybyggnation, Kents måleritjänst.
- Mätning 4 = Slipning av spackel i laboratoriemiljö, Mirka.

4.1.1 Mätning 1

Under mätning 1 uppmättes en exponeringsnivå på 18,4302 mg/m³ under den 12 december, den 14 december var exponeringen aningen lägre med en nivå på 11,986 mg/m³ (se bilaga 1). Samtliga värden beskrivs i tabell 3. Bägge arbetsdagarna pågick under 8 timmar. Under de båda dagarna togs pauser under uppsamlingstiden, två kaffepauser på 20 minuter och en matpaus på 45 minuter per dag. Orsaken att den 14 december har en lägre uppsamlingstid beror på att cyklon-provtagaren stängdes av under pauser vilket den inte gjorde under mätningen den 12 december. Under arbetsdagarna var cyklon-provtagaren monterad på den arbetande.

Tabell 3. Resultat vid mätning 1.

Provuppsamlingstidpunkt	Tidsperiod	Uppsamlat damm, gram	Luftvolym, liter	Exponering, mg/m ³
12.12.2022	8:08:17	0,027	1464,99	18,4302
14.12.2022	6:29:53	0,014	1169,73	11,9686

4.1.2 Mätning 2

I tabell 4 visas exponeringen vid gjutning av betong vilket resulterade i 0,8133 mg/m³ på en tidsperiod motsvarande nästan en hel arbetsdag, 6:49:46 (se bilaga 2). Vid denna mätning var inte cyklon-provtagaren monterad på en enskild arbetare utan placerad mitt i produktionen under arbetsdagen.

Tabell 4. Resultat vid mätning 2.

Provuppsamlingstidpunkt	Tidsperiod	Uppsamlat damm, gram	Luftvolym, liter	Exponering, mg/m ³
23.01.2023	6:49:46	0,001	1229,53	0,8133

4.1.3 Mätning 3

Mätning 3 som utfördes under spackelslipning konstaterade en exponeringsnivå på 0,7815 mg/m³ (se bilaga 3). Tidsperioden är på 7:06:34 eftersom cyklon-provtagaren stängdes av under pauser. Under arbetet var cyklon-provtagaren monterad på den arbetande.

Tabell 5. Resultat vid mätning 3.

Provuppsamlingstidpunkt	Tidsperiod	Uppsamlat damm, gram	Luftvolym, liter	Exponering, mg/m ³
13.02.2023	07:06:34	0,001	1279,53	0,7815

4.1.4 Mätning 4

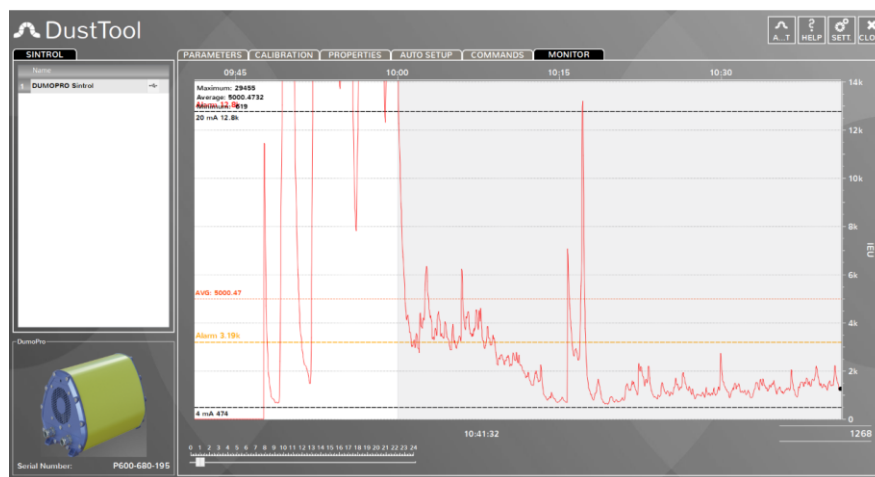
Under mätningen användes två stycken mätinstrument. Cyklon-provtagaren samt ett mätinstrument vid namn Sintrol DumoPro. Roboten var programmerad att köra fem loopar per program.

Uppsamlingstiden för cyklon-provtagaren varade i totalt 00:47:45. Exponeringsnivån var 6,9808 mg/m³ av respirabla partiklar vid användning av slipmaterialet Abranet (se bilaga 4). Dammsugaren var avstängd under några minuter i början utav mätningen.

Tabell 6. Resultat av spackelslipning med Abranet i laboratoriemiljö.

Abranet P120				
Provuppsamlingstidpunkt	Tidsperiod	Uppsamlat damm, gram	Luftvolym, liter	Exponering, mg/m ³
08.02.2023	00:47:45	0,001	143,25	6,9808

Sintrol DumoPro mätarens display visade ett värde på 100 % under den tid dammsugaren var avstängd. Efter dammsugaren blivit igångsatt visade displayen 30 % och när dammnivån stabiliserats låg värdet på 10 %, vilket är en godkänd nivå. Kontrollen av dammnivån enligt diagrammet visar att dammnivån var till en början mycket hög eftersom dammsugaren inte var igångsatt och sjönk drastiskt genast dammsugaren sattes på (se figur 16).



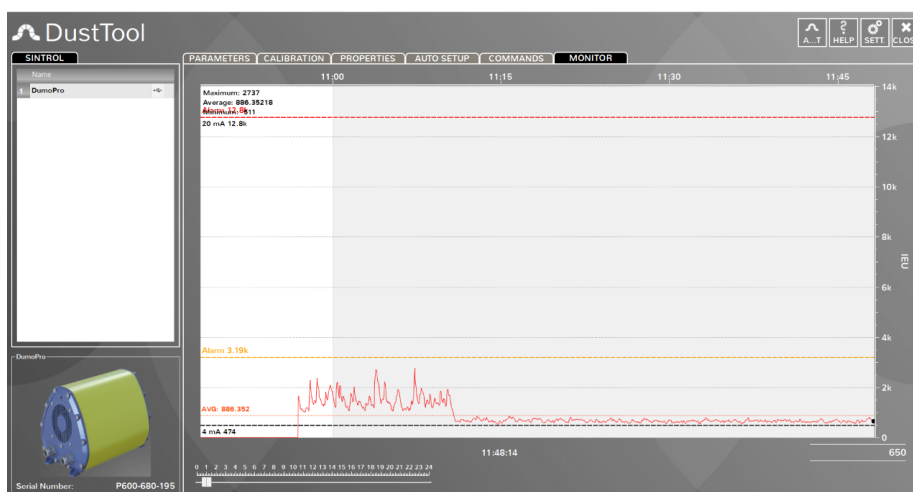
Figur 16. Totala dammnivån enligt DustTool-applikationen från Abranet-mätningen.

Tidsperioden var 01:19:17 vid Gold-testet. Under Gold-testet togs en paus på 30 minuter och cyklon-provtagaren var påslagen även då eftersom det respirabla dammet fortfarande finns kvar i luften. Exponeringsnivån var 0 mg/m³ (se bilaga 4).

Tabell 7. Resultat av spackelslipning med Gold i laboratoriemiljö.

Gold P120				
Provuppsamlingstidpunkt	Tidsperiod	Uppsamlat damm, gram	Luftvolym, liter	Exponering, mg/m ³
08.02.2023	01:19:17	0	237,76	0

Under slipning var dammsugaren påslagen konstant. Sintrol DumoPro hade ett värde på cirka 10 % under hela processen. Denna mätare var även på under 30 minuter utan slipning och värdet hade då sjunkit ner till 1–3 %. Vid närmare anblick av diagrammet fann man att under slipningen var kurvorna liknande föregående test och under pausen hölls en stadig mycket låg linje (se figur 17).



Figur 17. Totala dammnivån enligt DustTool-applikationen från Gold-mätningen.

4.2 Utredning av kvartshalt i byggdamm från mätning 1

Det prov som valdes att analyseras var provet från den 12 december. Orsaken till detta är att uppsamlingstiden motsvarade en arbetsdag, 8 timmar, därav också ett mera korrekt värde vid beräkning av exponeringen för kvartshalten vid betongbearbetning under en arbetsdag. Även att det filtret med uppsamlat prov innehöll en relativt stor mängd prov och provet är därför hanterbart under analysprocessen.

Filter med uppsamlat prov askades så att endast de oorganiska partiklarna återstod och allt organiskt material förbrändes, inklusive filtret. Askningen var i 600 °C under 2 h för att med säkerhet förbrännt allt organiskt material. Efter askningen vägdes degeln med askat prov ytterligare.

Tabell 8. Grundläggande värden före askning.

Provuppsamlingstidpunkt	Degel vikt (gram)	Filter med prov, vikt före askning (gram)	Askat prov, vikt (gram)
12.12.2022	23,133	0,027	0,009

Efter askning användes en metod av utspädning, utspädningen görs med KBr och det askade provet. Detta genomfördes till största del för att de tillgängliga vågarna inte hade tillräckligt med decimaler samt att mycket små mängder är svåra att få exakt uppmätta.

Utspädningen började med att det askade provet blandades med KBr. Det askade provet bör vara uppmätt till 0,005 g och KBr bör väga 0,495 g. De bägge materialen uppmättes i samma behållare och placerades därefter i en mortel. Det askade provet och KBr mortlades noga till ett gemensamt fint pulver och placerades därefter i en ny behållare. Det mortlade provet vägdes upp och blandades ytterligare en gång med KBr. Vikten för det mortlade provet bör vara 0,1 g och vikten för KBr bör vara 0,2 g för en totalvikt på 300 mg, vilket är den mängd som behövs vid FTIR-tabletttillverkningen. Den nya utspädda blandningen mortlades ytterligare en gång till ett fint pulver inför tabletttillverkningen.

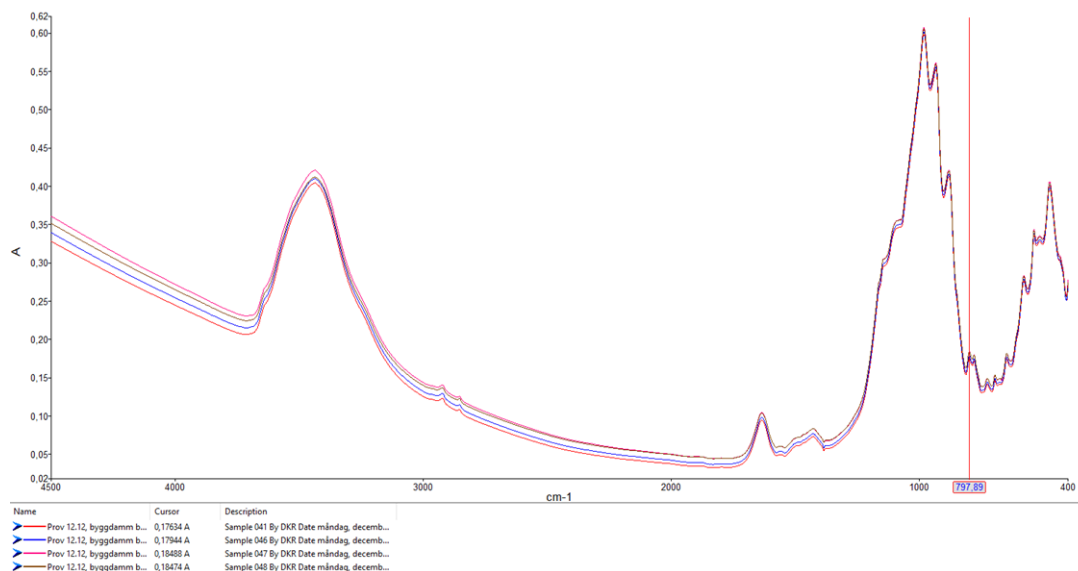
Tabell 9. Referensvärden samt egna värden under utspädning av prov inför FTIR-tabletttillverkning.

	Askat prov vikt (gram)	KBr vikt (gram)	Mortlad KBr och askat prov blandning, vikt (gram)	KBr vikt (gram)
Referensvärden	0,005	0,495	0,1	0,2
Egna värden	0,005	0,494	0,099	0,201

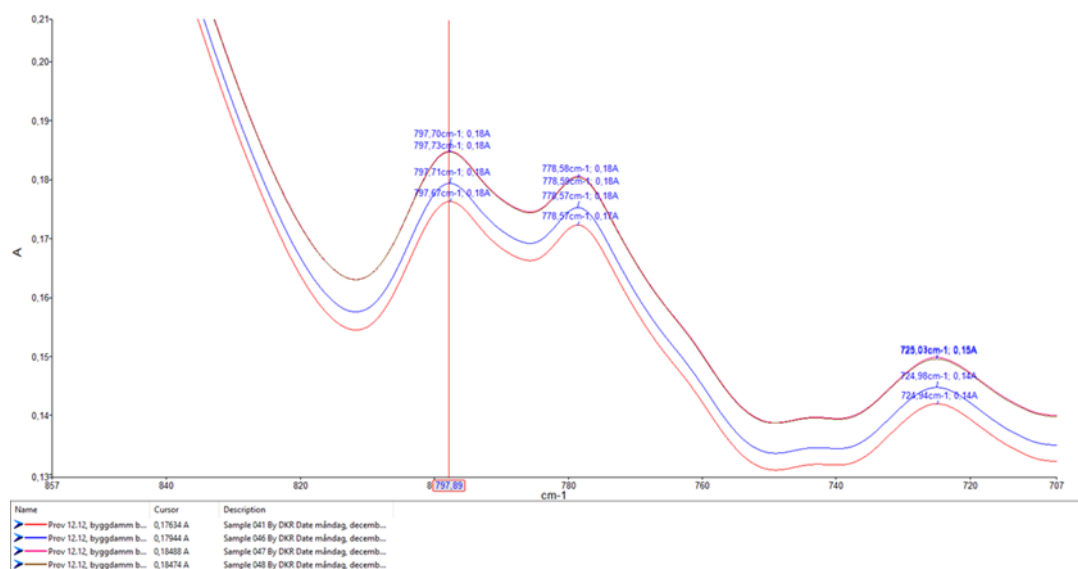
Det utspädda mortlade provet överfördes i FTIR-formen och placerades under en press och pressades under 5 ton i 5 min. Därefter plockades formen isär för att på ett smidigt sätt kunna pressa ut den nytillverkade tabletten. Tabletten vägdes i labbet med två stycken vågar för att jämföra en eventuell skillnad av vågarnas exakthet. De bägge vågarna visade en vikt på 0,258 gram för FTIR-tabletten.

Vid FTIR-analysen analyserades först ett referensprov som endast består av KBr. Denna analys är en bakgrund som görs innan det egentliga provet kan analyseras. Efter bakgrundsanalysen placerades tabletten med det prov som skulle analyseras. Detta prov analyserades fyra gånger och vid varje ny analys roterades provet i cirka 40° för att få med hela provet vid beräkningen.

Efter analyserna av provet söktes piken för kvarts vilket hittas vid 795–805 cm^{-1} . För detta prov hittades piken vid 797,89 cm^{-1} (se figur 18). Därefter kontrollerades absorbansen för samtliga kurvor vid den korrekta piken och dessa värden användes senare i beräkningen av kvartshalten (se figur 19).



Figur 18. Översikt över hela spektrumet med märkning vid kvartspiken.



Figur 19. Inzoomning av spektrumet med absorbansvärden och märkning vid kvartspiken.

Beräkningen av kvartshalten utfördes i programmet Excel. I Excel har en beräkningsbotten skapats för denna typ av utredning (se figur 20). För att kunna använda denna beräkningsbotten krävs de tidigare värden som konstaterats, vilket är absorbansen, vikten för utspädningen, tablettprovet och den tillverkade tabletten. Enligt beräkningen blev mängden kvarts 0,00033 gram och halten kvarts i provet 38,95 %. Den totala kvartsexponeringen under betongbearbetningen blir då 7,18 mg/m³ (se bilaga 1).

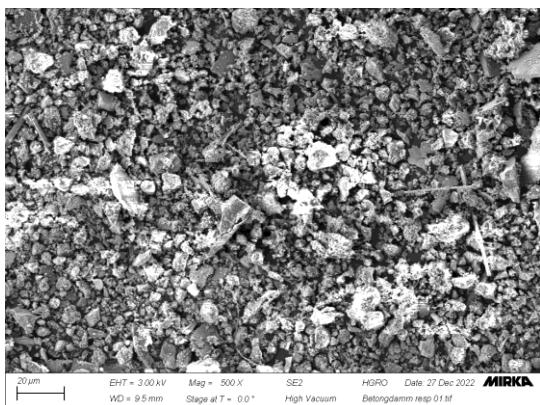
19.12.2022, byggdamm betong 12.12.2022		Fyll i uppmätt absorbans på piken vid 795-805 cm-1 här:		Motsvarar i ug SiO2		Utspädning		Tablett-prov-vägning	
Absorbans:		0,17634		323,09	medel, ug S.D.				
Byggdamm, betong		0,17944		328,78	332,29	6,66015			
1	0,17634	Utspädning:Tablettprov	0,18488	338,76					
2	0,17944	KBr, g	0,495	0,3			0,494	0,201	KBr
3	0,18488	Prov, g	0,005	0,2			0,005	0,0099	damm
4	0,18474	Totalt, g	0,5	0,3					
Utspädning (g):									
Byggdamm, betong									
KBr	0,494								
Prov	0,005								
Tablett-prov-vägning (g):									
Byggdamm, betong									
KBr	0,201								
Prov	0,099								
Tablett, vikt (g):									
Byggdamm, betong									
Resultat									
Byggdamm, betong									
g kvarts	0,0003229								
halt kvarts	38,9506136								

Figur 20. Beräkningsbotten i Excel som användes vid uträkningen av kvartshalten i provet.

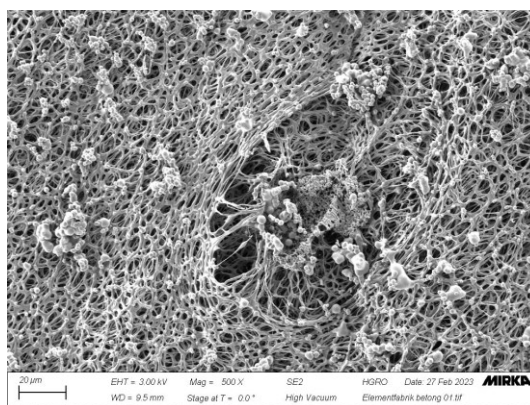
4.3 Jämförelseanalys av betongpartiklar och spacklepartiklar

En jämförelseanalys mellan mätningarna utfördes med hjälp av SEM-EDS. Denna metod användes eftersom de flesta mätningar innehöll en liten mängd av prov och är därför svåra att hantera och analysera med FTIR-instrumentet. Samtliga mätningars prov analyserades. Under analyserna jämfördes partiklarnas storlek och mängd samt undersökningar kring vilka ämnen som finns i provet.

Vid jämförelsen av byggdamm uppsamlat vid mätning 1 och mätning 2 var skillnaden märkbar. Byggdamm vid mätning 1 analyserades genom att applicera provet direkt på metallbrickan och dammet vid mätning 2 analyserades med filter samt prov. Figur 21 och figur 22 har en förstoring på 500x. Enligt exponeringsberäkningarna borde mätning 1 visa betydligt mer uppsamlat prov förhållandevis till mätning 2, vilket överensstämde enligt den mikroskopiska undersökningen (se figur 21 och figur 22).

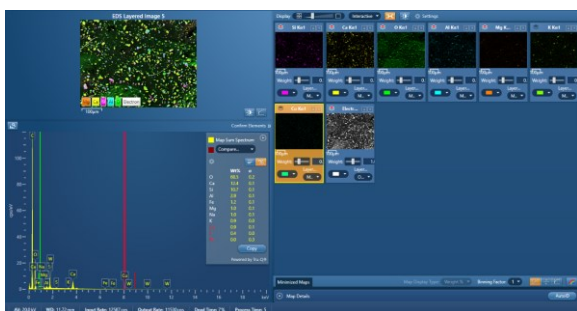


Figur 21. Partiklar från mätning 1

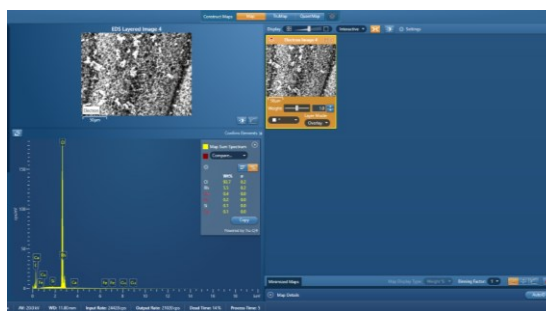


Figur 22. Partiklar från mätning 2

EDS-analysens resultat tydde på att provet från mätning 1 innehöll till största del kalcium och kisel, detta i kombination med syre innebär kalciumoxid och kiseldioxid (se figur 23). Provet från mätning 2 indikerade på att nästintill inget uppsamlat prov skulle finnas på filtret, endast filtrets grundämnen syntes tydligt i resultatet och en ytterst liten mängd kisel och kalcium (se figur 24).

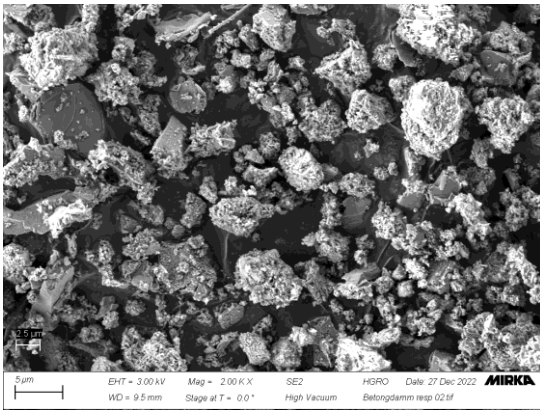


Figur 23. EDS-resultat från mätning 1.

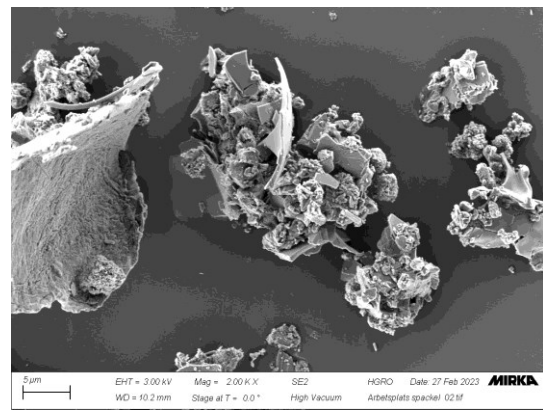


Figur 24. EDS-resultat från mätning 2.

Förbehandlingen inför jämförelsen av betong- och spackelpartiklar hanterades på samma sätt, bägge proven applicerades direkt på metallbrickan utan filter. Analysen visade att flera partiklar mindre än 5 μm uppsamlats under betongdamm-mätningen än vid spakeldamm-mätningen samt att utbredningen av partiklarna var större (se figur 25 och figur 26). Exponeringen vid spackelslipningen var också betydligt lägre vilket överensstämmer enligt denna analys. Vid undersökningen av partiklarnas utformning var skillnaden främst att betongpartiklar har en mera rundad struktur och spackelpartiklarna är aningen trubbiga och släta. Förstoringen under analysen var 2,00Kx för att tydligt kunna jämföra strukturen hos partiklarna.



Figur 25. Partiklar från mätning 1.

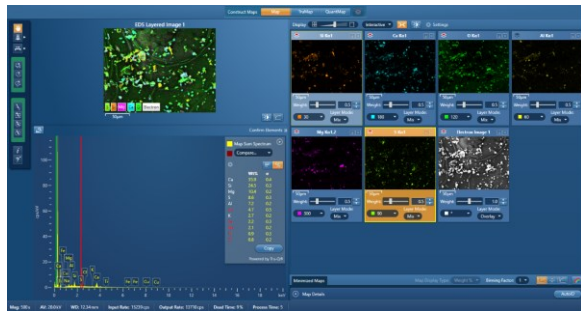


Figur 26. Partiklar från mätning 3.

Undersökningen av vilka grundämnen proven innehöll tydde på att både betongdammet och spackeldammet innehöll främst grundämnena kalcium och kisel (se figur 27 och figur 28), vilket i kontakt med syre innebär kalciumoxid och kiseldioxid. Det vill säga att i detta fall innehöll spackeldammet kvartspartiklar.



Figur 27. EDS-resultat från mätning 1.



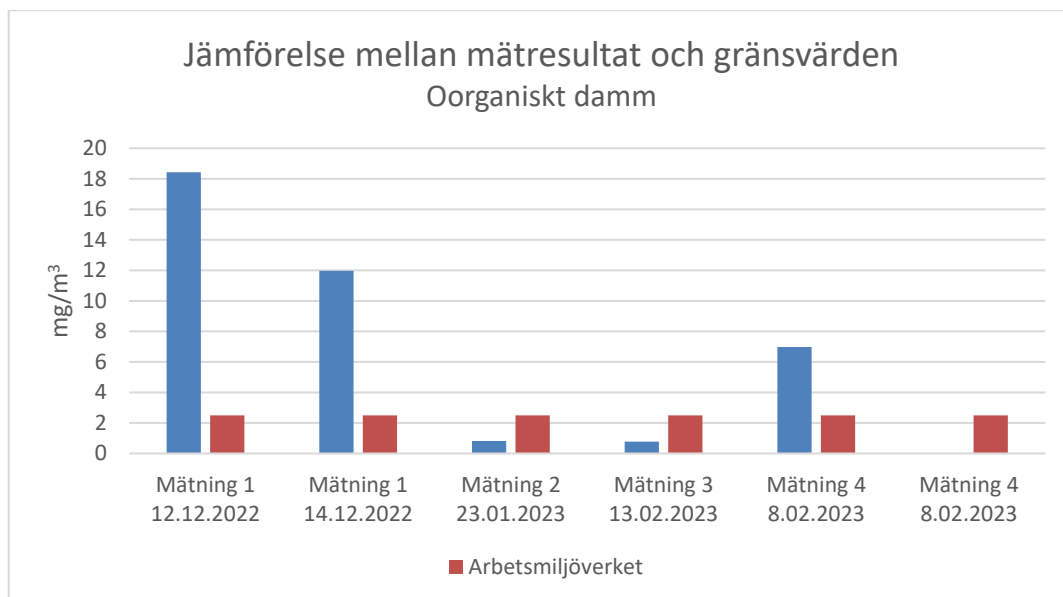
Figur 28. EDS-resultat från mätning 3.

4.4 Resultattolkning

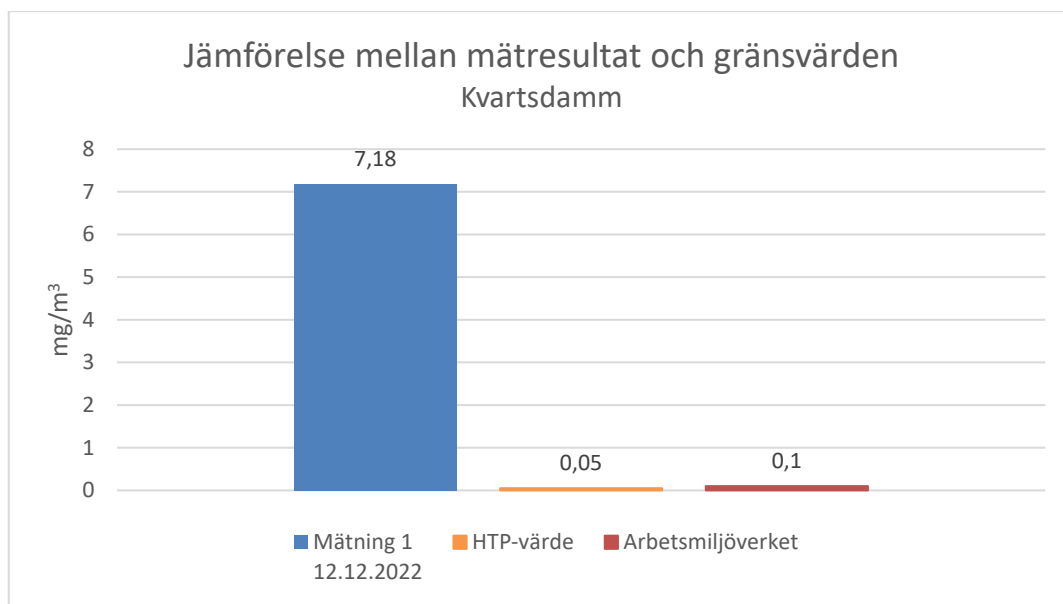
Under exponeringsundersökningarna syntes en tydlig skillnad i exponering mellan vilket typ av arbete som utfördes samt om dammreduceringsmetoder använts. Vid mätningarna av byggdamm med inriktning på betongpartiklar noterades en tydlig skillnad på exponeringsmängden. Detta beror på typen av arbetsuppgifter och trots att en dammsugare och luftrenare användes under bilning utvinns ändå en stor del av byggdammet ut i omgivande luft. Under gjutningen är det främst städande av arbetsytor som gör att dammet slipper ut i luften och under gjutningsprocessen finns ingen direkt torr massa som bidrar till betongdammsexponering. Betongprovet från mätning 2 undersöktes aningen mera noggrant för att undersöka om det överlag fanns betongdamm uppsamlat. Enligt EDS detekterades en liten halt av kisel och kalcium vilket även syntes i mätning 1. Detta tyder på att betongdamm fanns uppsamlat från mätning 2 men mängden var mycket liten.

Spackeldammet som blev insamlat i laboratoriemiljö uppnådde låga nivåer. Mikroskopiska undersökningar gjordes för att kontrollera om dammet var så pass lätt att en våg inte detekterade dammet, men enligt SEM och EDS fanns knappt något damm uppsamlat vilket betyder att metoden fungerade som den ska. Även under en heldagsarbete med spackelslipning var exponeringsnivåerna väldigt låga. Under det fiktiva testet användes förutom cyklon-provtagaren även en mätare som mäter dammprocent i omgivande luft. Denna mätare visade mycket hög dammnivå när dammsugaren var avslagen men direkt den sattes på sjönk dammhalten till en godkänd nivå. Att konstatera gällande detta är att dammsugare användes under bägge mätningarna och dammsugaren hjälpte drastiskt att sänka den respirabla fraktionen men även dammhalten överlag. Även användning av ett väggsliptverktyg under mätning 3 hjälpte till att minska den inhalerbara dammängden, eftersom avståndet mellan slipyta och arbetande ökar i jämförelse mellan exempelvis handverktyg.

Vid jämförelse av gällande gränsvärden angående oorganiskt damm, betong och spackel, är mätningarnas resultat till största del under de utsatta värdet (se figur 29). Den arbetsmetod som kraftigt överstiger gränsvärdena är vid bilning av betong. Detta prov användes även vid analys av kvartshalt på grund av den höga dammängden. Jämförelse mellan gränsvärdena gällande kvartsdamm tyder på att exponeringen överstegs tydligt (se figur 30). Detta kan bero på att dammsugarens eller luftrenarens effektivitet inte är tillräcklig och att arbetsmetoden är utmanande angående dammreducering.



Figur 29. Jämförelse av respirabelt oorganiskt damm mellan mätningar och gränsvärden.



Figur 30. Jämförelse av respirabelt kvartsdamm mellan mätningar och gränsvärden.

5 Diskussion

Arbete inom byggnadsindustrin innebär en exponering av dammpartiklar i olika fraktioner. Arbetande kan bli utsatta för dammpartiklar från eget arbete såväl andras. Exponeringen medför hälsokonsekvenser och riskerna är olika beroende på partikelstorlek och material. I arbetet har fokuset varit att undersöka den respirabla fraktionen, som utgör den främsta hälsoriskerna på grund av dess genomtränglighet i lungorna. Materialen som undersökts har varit betong och spackel, dels för riskerna med betongens och eventuellt spacklets komponenter samt eventuella skillnader i exponering och innehåll.

Exponeringen under arbete med betong och spackel är varierande beroende på arbetsmetod och dammreducerande medel. Bilning av betonggolv utviner en mycket stor mängd respirabla partiklar och nuvarande arbetssätt är inte tillräckligt hjälpsamma gällande minskandet av dammängden. Vid bilning av betong är det därför viktigt att använda korrekt personlig skyddsutrustning för att undvika de förhöjda hälsoriskerna vid denna typ av arbete. Gjutning av färdig betong medför inte exponering över de utsatta gränsvärdena. Däremot städning efter gjutningen kan kräva dammreducering men enligt mätningen anses exponeringsnivån vara låg. Spackelslipning bör utföras i samband med användning av dammsugare, mätningarna visar en tydlig skillnad i dammängd vid användning av dammsugare och utan. Exponeringsnivåer översteg inte gränsvärdena för oorganiskt damm vid konstant användning utav dammsugare. Samt att dammsugaren medförde en tydlig minskning av den totala dammängden men även av den respirabla fraktionen.

Arbetet har varit givande och lärorikt. Både mätinstrument och en del analystekniker har varit främmande vilket bidragit till en del testande av bästa lämpliga metod innan de verkliga testerna. Med hjälp av detta arbete kan man i framtiden undersöka noggrannare vilka arbetsmetoder som innebär den främsta exponeringen och hur detta skulle kunna åtgärdas. Även undersökningar kring övriga byggnadsmaterial och dess risker kan bidra till ett fortsatt arbete.

6 Referenser

- Albin, M., Gustavsson, P., Johanson, G., & Lewné, M. (2017). *Samband mellan kvartsexponering och sjukdom*. Stockholm: Svensk Yrkes- och Miljöhygienisk Förening (SYMF).
- Antonsson, A.-B., Rydström, A.-M., & Sahlberg, B. (2019). *Metoder för snabb och enkel mätning av exponering av kvarts i arbetsmiljön-finns det?* Stoochholm: IVL Svenska Miljöinstitutet AB.
- Bell, M. L., Samet, J. M., & Dominici, F. (2004). *Time-Series Studies of Particulate Matter*. Baltimore: Annu. Rev. Public Health.
- Cement and concrete manufacture*. (u.d.). Hämtat från Health and Safety Executive: <https://www.hse.gov.uk/lung-disease/cement-concrete-manufacture.htm>
- Chen, Y., Zou, C., Mastalerz, M., Hu, S., Gasaway, C., & Tao, X. (2015). Applications of Micro-Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) in the Geological Sciences—A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 28.
- Christensson, B., Östlund, G., Alvarez, E., & Antonsson, A.-B. (2012). *Effektiva åtgärder mot damm på byggarbetsplatser Etapp 2*. Stockholm: Svenska Miljöinstitutet.
- Control of Drywall Sanding Dust Exposures*. (06.06.2014). Hämtat från Centers for Disease Control and Prevention: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/99-113/default.html>
- Damm i arbetsmiljön*. (u.d.). Hämtat från Arbetshälsoinstitutet: <https://www.ttl.fi/sv/teman/arbetarskydd/exponering-riskfaktorer-i-arbetsmiljon/hantering-av-kemikalier-pa-arbetsplatsen/damm-i-arbetsmiljon>
- Gharpure, A., Heim, J. W., & Wal, R. L. (2021). Characterization and Hazard Identification of Respirable Cement and Concrete Dust from Construction Activities. *Environmental Research and Public Health*, 12.
- Hedbrant, A., Andersson, L., Bryngelsson, I.-L., Eklund, D., Westberg, H., Särndahl, E., & Persson, A. (2020). Quartz Dust Exposure Affects NLRP3 Inflammasome Activation and Plasma Levels of IL-18 and IL-1Ra in Iron Foundry Workers. *Mediators of Inflammation*, 11.
- How Does Scanning. (u.d.). *How Does Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-ray (SEM/EDX) Work?* Maquoketa: Gossman Forensics.
- Hygieniska gränsvärden*. (22.09.2018). Hämtat från Arbetsmiljöverket: <https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/hygieniska-gransvarden-afs-2018-1.pdf>
- Högberg, J., Silins, I., & Stenius, U. (2011). *Kvarts och dess cancerframkallande förmåga*. Stockholm: Arbetsmiljöverket.
- Johanson, G. (17.02.2021). Nordiska expertgruppen för kriteriedokument om kemiska hälsorisker (NEG). *ÅRSBERÄTTELSE för 2020*, ss. 1-6.
- Karlsson, A., & Christensson, B. (2008). *Effektiva åtgärder mot damm på byggarbetsplatser Etapp 1*. Stockholm: Svenska Miljöinstitutet.

- Klang, T., Eden, G. R., Andersson, M., Wallin, M., Friberg, H., Claesson, A., . . . Olin, A.-C. (u.d.). *Kvartsexponering och luftvägspåverkan hos snickare inom byggnadsindustrin*. Göteborg: Arbets- och miljömedicin, Sahlgrenska Universitetssjukhuset.
- Kvarts - stendamm*. (20.09.2022). Hämtat från Arbetsmiljöverket: <https://www.av.se/halsa-och-sakerhet/kemiska-risker-och-luftfororeningar/damm-rok-och-dimma/kvarts-stendamm/#4>
- Kvartsi (kiteinen piidioksidi)*. (u.d.). Hämtat från Työterveyslaitos: <https://www.ttl.fi/teemat/tyoturvallisuus/altistuminen-tyoympariston-haittatekijoille/kemiallisten-tekijoiden-hallinta-tyopaikalla/kemikaalit-ja-tyo-altistumistietosivusto/kvartsi-kiteinen-piidioksidi>
- Lenngren, H. (17.12.2018). *Kvartsdamm ökar risken för lungcancer*. Hämtat från i Perspektiv: <https://www.iperspektiv.se/dokument/2018-12-17-kvartsdamm-okar-risken-for-lungcancer>
- Morakinyo, O. M., Mokgobu, M. I., Mukhola, M. S., & Hunter, R. P. (2016). Health Outcomes of Exposure to Biological and Chemical Components of Inhalable and Respirable Particulate Matter. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22.
- Nicolet, T. (u.d.). *Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry*. Madison: Thermo Nicolet Corporation.
- Nobel, M. (u.d.). *Spackel-lär dig mer*. Hämtat från Bygg.se: <https://bygg.se/spackel-lar-dig-mer/>
- Om Mirka*. (2022). Hämtat från Mirka AB: <https://www.mirka.com/sv/se/top/om-mirka/>
- Om oss*. (u.d.). Hämtat från Yrkeshögskolan Novia: <https://www.novia.fi/om-oss>
- Ott, R., & Tell, B. v. (1995). *Lagning och spackling av träprodukter*. Jönköping: Institutet för träteknisk forskning.
- Particulate Matter (PM) Pollution*. (18.07.2022). Hämtat från EPA United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
- Prabha, S., Durgalakshmi, D., Rajendran, S., & Lichtfouse, E. (2020). Plant-derived silica nanoparticles and composites for biosensors, bioimaging, drug delivery and supercapacitors: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 25.
- Silicosis*. (u.d.). Hämtat från Health and Safety Executive: <https://www.hse.gov.uk/lung-disease/silicosis.htm>
- SKC. (u.d.). *Step by Step Guide*. Blandford Forum: SKC ltd.
- Slipmaterial per produktnamn*. (u.d.). Hämtat från Mirka: <https://www.mirka.com/sv/fi/slipmaterial/slipmaterial-per-namn/>
- Social- och hälsovårdsministeriets förordning om koncentrationer som befunnits skadliga*. (18.10.2021). Hämtat från Finlex: <https://www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/2020/20200654>

Työsuojelu.fi. (16.6.2021). Hämtat från Gränsvärden:
<https://www.tyosuojelu.fi/web/sv/arbetsforhallanden/kemiska-agenser/gransvarden>

Mätning 1

Den 12 december var uppsamlingstiden 8:08:17 och den 14 december var uppsamlingstiden 6:29:53.

Provuppsamlingstidpunkt	Tomt filter samt filterbehållare, vikt (gram)	Filter med prov samt filterbehållare, vikt (gram)	Viktskillnad (gram)	Luftvolym (liter)
12.12.2022	6,410	6,437	0,027	1464,99
14.12.2022	6,408	6,422	0,014	1169,73

Konvertering av vikt, gram (g) till milligram (mg):

$$0,027 \text{ g} = 27 \text{ mg}$$

$$0,014 \text{ g} = 14 \text{ mg}$$

Konvertering av volym, liter (L) till kubikmeter (m³):

$$1464,99 \text{ L} = 1,46499 \text{ m}^3$$

$$1169,73 \text{ L} = 1,16973 \text{ m}^3$$

Beräkning av exponeringen (mg/m³):

$$12.12.2022 \rightarrow \frac{27 \text{ mg}}{1,46499 \text{ m}^3} = 18,4302 \text{ mg/m}^3$$

$$14.12.2022 \rightarrow \frac{14 \text{ mg}}{1,16973 \text{ m}^3} = 11,9686 \text{ mg/m}^3$$

Beräkning av kvartsexponeringen:

$$\text{Kvartshalten: } 38,95 \% = 0,3895$$

$$\text{Exponeringen från mätning 1: } 18,4302 \text{ mg/m}^3$$

$$0,3895 * 18,4302 \text{ mg/m}^3 = 7,18 \text{ mg/m}^3$$

Mätning 2

Dammuppsamlingen utfördes under en tidsperiod på 6:49:46, uppsamlingstiden var konstant under hela arbetsdagen.

Provuppsamlingstidpunkt	Tomt filter samt filterbehållare, vikt (gram)	Filter med prov samt filterbehållare, vikt (gram)	Viktskillnad (gram)	Luftvolym (liter)
23.01.2023	6,449	6,450	0,001	1229,53

Konvertering av vikt, gram (g) till milligram (mg):

$$0,001 \text{ g} = 1 \text{ mg}$$

Konvertering av volym, liter (L) till kubikmeter (m³):

$$1229,53 \text{ L} = 1,22953 \text{ m}^3$$

Beräkning av exponeringen (mg/m³):

$$23.01.2023 \rightarrow \frac{1 \text{ mg}}{1,22953 \text{ m}^3} = 0,8133 \text{ mg/m}^3$$

Mätning 3

Dammuppsamlingen utfördes under en tidsperiod på 07:06:34.

Provuppsamlingstidpunkt	Tomt filter samt filterbehållare, vikt (gram)	Filter med prov samt filterbehållare, vikt (gram)	Viktskillnad (gram)	Luftvolym (liter)
13.02.2023	6,401	6,402	0,001	1279,53

Konvertering av vikt, gram (g) till milligram (mg):

$$0,001 \text{ g} = 1 \text{ mg}$$

Konvertering av volym, liter (L) till kubikmeter (m³):

$$1279,53 \text{ L} = 1,27953 \text{ m}^3$$

Beräkning av exponeringen (mg/m³):

$$13.02.2023 \rightarrow \frac{1 \text{ mg}}{1,27953 \text{ m}^3} = 0,7815 \text{ mg/m}^3$$

Mätning 4

Mätningen under Abranet testet pågick i 00:47:45, Gold testet varade i 01:19:17.

Abranet P120				
Provuppsamlingstidpunkt	Tomt filter samt filterbehållare, vikt (gram)	Filter med prov samt filterbehållare, vikt (gram)	Viktskillnad (gram)	Luftvolym (liter)
08.02.2023	6,398	6,399	0,001	143,25

	Viktminskning av spacklad platta (gram)	Uppsamlad damnmängd i dammsugarpåse (gram)
Platta 1	902,3	784,3
Platta 2	929,5	924,6

Konvertering av vikt, gram (g) till milligram (mg):

$$0,001 \text{ g} = 1 \text{ mg}$$

Konvertering av volym, liter (L) till kubikmeter (m³):

$$143,25 \text{ L} = 0,14325 \text{ m}^3$$

Beräkning av exponeringen (mg/m³):

$$08.02.2023 \rightarrow \frac{1 \text{ mg}}{0,14325 \text{ m}^3} = 6,9808 \text{ mg/m}^3$$

Gold P120				
Provuppsamlingstidpunkt	Tomt filter samt filterbehållare, vikt (gram)	Filter med prov samt filterbehållare, vikt (gram)	Viktskillnad (gram)	Luftvolym (liter)
08.02.2023	6,398	6,398	-	237,76

	Viktninskning av spacklad platta (gram)	Uppsamlad dammängd i dammsugarpåse (gram)
Platta 1	710,5	703,4
Platta 2	664,8	659,4

Konvertering av vikt, gram (g) till milligram (mg):

$$0,000 \text{ g} = 0 \text{ mg}$$

Konvertering av volym, liter (L) till kubikmeter (m³):

$$237,76 \text{ L} = 0,23776 \text{ m}^3$$

Beräkning av exponeringen (mg/m³):

$$08.02.2023 \rightarrow \frac{0 \text{ mg}}{0,23776 \text{ m}^3} = 0 \text{ mg/m}^3$$